

邹晶晶,曾祥玲,杨洁,等.不同施肥种类对桂花精油成分的影响[J].江苏农业科学,2017,45(16):161-167.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.16.041

不同施肥种类对桂花精油成分的影响

邹晶晶, 曾祥玲, 杨洁, 史玉敏, 陈洪国

(湖北科技学院核技术与化学生物学院,湖北咸宁 437100)

摘要:为了给通过改进农业栽培措施提高桂花精油产量提供科学依据,采用复合肥、磷肥、饼肥对“波叶银桂”(*Osmanthus fragrans* ‘Boye Yingui’) 进行施肥处理,以施肥和未施肥处理的桂花为原料,采用同时蒸馏萃取法提取桂花精油,结合气质联用法分析桂花精油的物质成分。结果表明,施肥处理降低了桂花精油中的物质种类,施用复合肥、磷肥和饼肥的桂花精油分别检测出了 57、41、54 种成分,而不施肥处理检测出了 72 种成分。此外,施肥处理对桂花精油各成分的相对含量也产生了明显影响。3 种施肥处理显著降低了桂花精油中醇类、酯类、醛类物质的含量;而复合肥、饼肥显著提高了对桂花香味有重要贡献的酮类物质的含量,分别为 18.05%、29.06%;未施肥的桂花精油中酮类物质含量仅为 6.23%。复合肥、饼肥处理的桂花精油中烃类物质相对含量较高;磷肥处理的桂花精油中酸类物质相对含量较高。表明施肥对桂花精油成分和相对含量都有较大影响,不同种类肥料的影响效果也不同。

关键词:桂花;施肥处理;同时蒸馏萃取;精油

中图分类号: S685.130.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)16-0161-07

桂花 (*Osmanthus fragrans* Lour.) 为木犀科木犀属常绿阔叶灌木或小乔木。作为我国十大传统名花之一和重要的香花源经济植物,广泛应用于园林绿化和食品、化妆品行业^[1-2]。桂花精油在市场上享有“液体黄金”的称号,需求量大,但品质和得率低一直是限制其产业发展的重要因素。前人在精油提取方法和品种间香气成分比较方面进行了大量研究,以期通过提取工艺的改进和优良品种的选育提高桂花精油品质和得率^[3-5]。但是,通过改进农业栽培措施改善桂花精油品质和得率的研究还未曾报道。有研究表明,栽培措施可以改善烟叶、茶叶的口感和果实的风味^[6-8]。因此,本研究通过施复合肥、饼肥、磷肥处理,以不施肥处理为对照,研究施肥及不同种类肥料对桂花精油成分的影响,以期为通过农业栽培手段改善桂花精油品质和得率提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

本试验材料取自湖北科技学院校园内生长健壮的咸宁市主栽桂花品种波叶银桂 (*Osmanthus fragrans* ‘Boye Yingui’) 植株。将 4 组树龄相同、其他栽培条件一致的桂花树,于 2013 年 5 月一次性施肥,至 2013 年 9 月开花时取样。第 1 组单株施复合肥 4 kg,其中尿素 0.5 kg,过磷酸钙 3 kg,氯化钾 0.5 kg;第 2 组单株施用菜籽饼 2.5 kg;第 3 组单株施用过磷酸钙 2.5 kg,以不施肥作为对照。每组处理取 5 株桂花,取其

平均值,3 次重复。

1.2 试验仪器及设备

同时蒸馏萃取仪,北京市朝龙玻璃仪器厂;SHZ-D(Ⅲ)型循环水式真空泵,巩义市英峪予华仪器厂;RE-52A 型旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;Sartorius BP221S 电子天平, Sartorius 公司;HWSY21-K4C 型电热恒温水浴锅,北京市长凤仪器仪表公司;粉碎机,北京环亚天元机械技术有限公司;Thermo DSQ II 单四极杆气相色谱-质谱联用仪, Thermo Fisher Scientific 公司,美国;圆底烧瓶、干燥器等,北京市玻璃仪器厂;30、40、60、80 目筛,浙江上虞市胜飞试验机械厂。

1.3 试验方法

1.3.1 桂花精油的提取 分别准确称取复合肥、饼肥、磷肥、无肥处理的新鲜盛花期桂花 20 g 放入圆底烧瓶中,用 500 mL 蒸馏水混合均匀,接在同时蒸馏萃取仪的一端。称取一定量的石油醚溶剂加入 50 mL 圆底烧瓶中,接在同时蒸馏萃取仪的另一端,对装有物料和蒸馏水的圆底烧瓶加热,温度保持在 105 ℃。把装有溶剂的圆底烧瓶一端放入恒温槽中,温度保持在 55 ℃,两端同时沸腾,进行同时蒸馏萃取。

1.3.2 精油的浓缩 将装有石油醚的圆底烧瓶放入 -10 ℃ 的冰箱中冷冻除去水分,石油醚部分用旋转蒸发除去,得到桂花精油。将不同处理下的桂花精油于华中农业大学园艺林学院 Thermo DSQ II 单四极杆气相色谱-质谱联用仪进行分析。

1.3.3 GC-MS 测定条件 GC-MS 测定条件,参考蔡璇等的条件和方法^[3]进行。

1.3.4 数据处理 数据的表示方式为 3 次测量的“平均值 + 标准误”,数据处理方式参考蔡璇等的方法^[3]进行。

2 结果与分析

2.1 不同施肥种类的桂花总离子流色谱

将不同处理下桂花芳香成分的总离子流色谱图信息经计

收稿日期:2016-12-22

基金项目:湖北省教育厅科学技术研究(编号:Q20162805);湖北科技学院博士启动基金(编号:BK1429)。

作者简介:邹晶晶(1985—),女,湖北武汉人,博士,讲师,主要研究方向为园林观赏植物栽培、采后生理及分子生物学。E-mail: xingxingzou@163.com。

通信作者:陈洪国,教授,硕士生导师,主要研究方向为园艺栽培及采后生理。E-mail:573270235@qq.com。

计算机谱库检索及分析,扣除空气本底杂质,得到桂花精油挥发物主要成分种类。结果表明,施复合肥的桂花精油中共鉴定出了57种化合物(图1),施饼肥的桂花精油中共鉴定出了41种化合物(图2),施磷肥处理的桂花精油中鉴定出54种化合物(图3),不施肥处理的桂花精油中鉴定出72种化合物(图4)。

结果表明,在相同试验条件下,3种施肥处理的桂花精油主要成分及相对含量都发生了一定的变化。

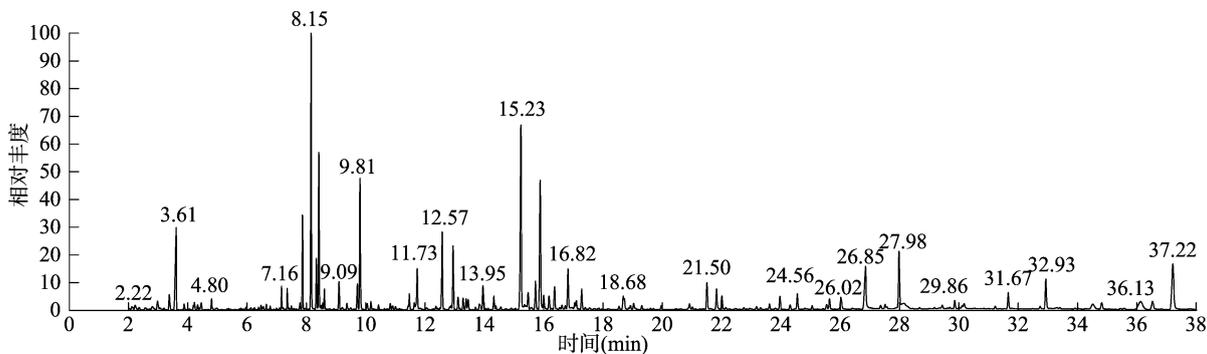


图1 施复合肥处理桂花精油的 GC-MS 总离子流色谱

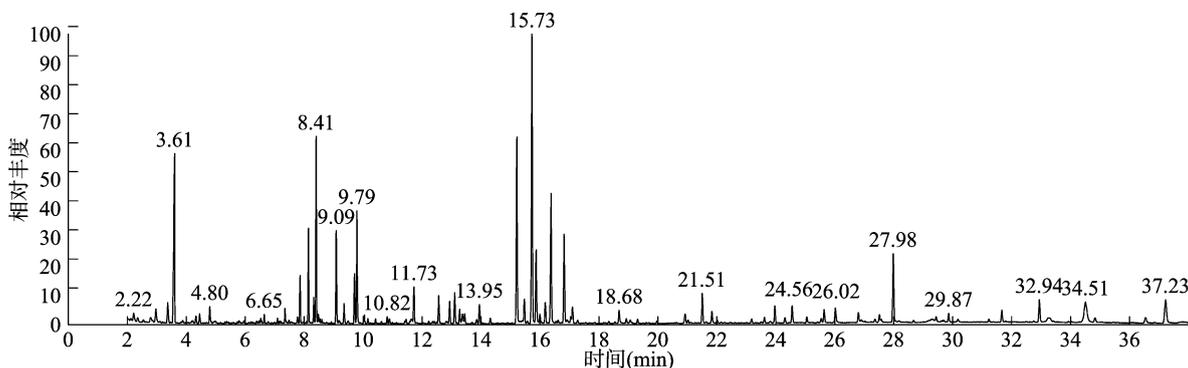


图2 施饼肥处理桂花精油的 GC-MS 总离子流色谱

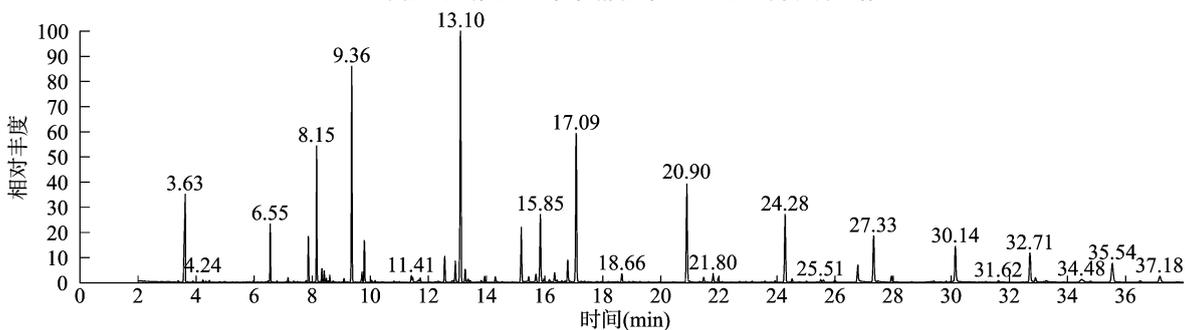


图3 施磷肥处理桂花精油的 GC-MS 总离子流色谱

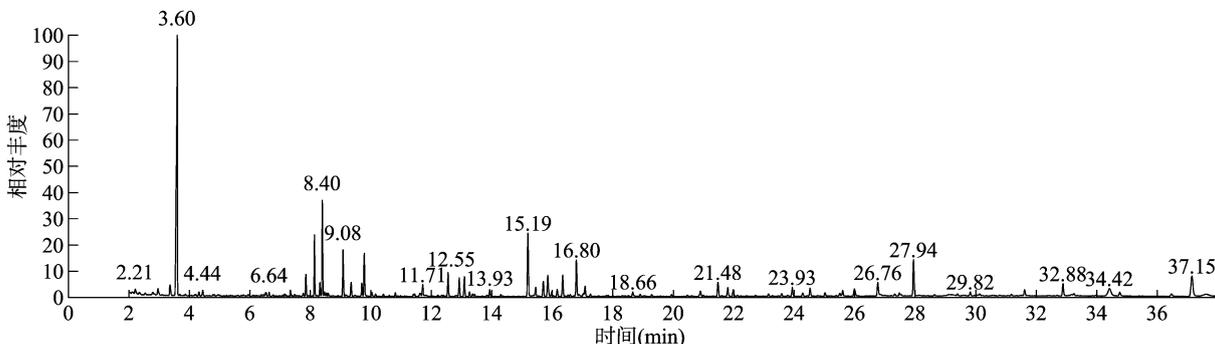


图4 不施肥处理桂花精油的 GC-MS 总离子流色谱

2.2 不同施肥种类的桂花香气成分分析

采用计算机软件 and 人工解析各峰相应的质谱图,根据总离子流色谱峰的峰面积法计算各香气组分的相对质量分数,

鉴定出的化合物种类及其相对含量结果见表1。

不施肥处理的桂花共鉴定出了72种化合物,在这些组成香气成分的化合物中,相对含量最高的是*p*-二氧己环-2,

表1 不同施肥种类对桂花香气成分的影响

| 序号 | 名称 | 化学式 | 质量分数(%) | | | |
|----|---|--|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 对照 | 复合肥 | 饼肥 | 磷肥 |
| 1 | 亚磺酰基-3-叔丁基3-氟-2-三氟甲基丙烯酸甲酯 | C ₉ H ₁₂ F ₄ O ₂ S | 0.17 + 0.02 | | | |
| 2 | 1-戊烯-3-醇 | C ₅ H ₁₀ O | | 0.15 + 0.02 | | |
| 3 | 异丁基醛丙二醇缩醛 | C ₇ H ₁₄ O ₂ | 0.43 + 0.02 | | | |
| 4 | (E)-3-己烯-1-醇 | C ₆ H ₁₂ O | 0.39 + 0.02 | 0.08 + 0.01 | | |
| 5 | (+)-2-丙烯-2-萘烯 | C ₁₃ H ₂₀ | | | 0.82 + 0.03 | |
| 6 | 缬氨酸 | C ₅ H ₁₁ NO ₂ | 0.39 + 0.04 | | | |
| 7 | p-二氧己环-2,3-二醇 | C ₄ H ₈ O ₄ | 23.50 + 2.10 | | | 5.61 + 0.40 |
| 8 | 2-丙基-1-庚醇 | C ₁₀ H ₂₂ O | 0.99 + 0.08 | | | |
| 9 | (E,E)-2,4-庚二烯醛 | C ₇ H ₁₀ O | 0.10 + 0.03 | 0.16 + 0.05 | | 0.06 + 0.01 |
| 10 | 三氟醋酸4-己烯-1-乙醇 | C ₈ H ₁₁ F ₃ O ₂ | | | | 0.11 + 0.02 |
| 11 | 3-乙酰基-2,6-庚二酮 | C ₉ H ₁₄ O ₃ | 0.17 + 0.02 | | | 0.05 + 0.01 |
| 12 | 乙苯 | C ₈ H ₁₀ | 0.32 + 0.06 | 0.18 + 0.01 | | |
| 13 | 1,3-二甲苯 | C ₈ H ₁₀ | 0.50 + 0.09 | | | 0.13 + 0.02 |
| 14 | 4-(5,5-二甲基-1-氧杂螺[2.5]4-辛基)-3-丁烯-2-酮 | C ₁₃ H ₂₀ O ₂ | | | 0.26 + 0.05 | |
| 15 | 6-甲基-5-庚烯-2-酮 | C ₈ H ₁₄ O | 0.11 + 0.03 | | | 0.03 + 0.01 |
| 16 | 对二甲苯 | C ₈ H ₁₀ | 0.09 + 0.01 | | 0.70 + 0.05 | |
| 17 | 邻二甲苯 | C ₈ H ₁₀ | 0.32 + 0.05 | | | 0.13 + 0.02 |
| 18 | 1-环己基-3-乙氧基丁烷-2-酮 | C ₁₂ H ₂₂ O ₂ | 0.12 + 0.05 | | | |
| 19 | (1,2,3,4,5,6,7,8-八氢-3,8,8-三甲基-2-萘酚基)醋酸甲酯 | C ₁₆ H ₂₆ O ₂ | 0.14 + 0.01 | 0.19 + 0.03 | | |
| 20 | 1,1'-[3-(2-环戊基)-1,5-戊二醇基]二环戊烷 | C ₂₂ H ₄₀ | 0.10 + 0.01 | | 0.10 + 0.01 | 0.02 + 0.01 |
| 21 | N,N-二甲基-O-(1-甲基丁酯)羟胺 | C ₇ H ₁₇ NO | | | | 0.15 + 0.01 |
| 22 | 苯甲醇 | C ₇ H ₈ O | 0.13 + 0.02 | 0.83 + 0.13 | | 0.19 + 0.02 |
| 23 | (Z)-3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯 | C ₉ H ₁₆ | | | | 0.20 + 0.01 |
| 24 | 1-乙基-环己烯 | C ₈ H ₁₄ O | 0.11 + 0.03 | 0.13 + 0.03 | | |
| 25 | 2-戊基呋喃 | C ₉ H ₁₄ O | 0.10 + 0.02 | | | |
| 26 | 辛醛 | C ₈ H ₁₆ O | 0.26 + 0.04 | | 0.26 + 0.00 | 0.03 + 0.01 |
| 27 | 苯乙醛 | C ₈ H ₈ O | 0.43 + 0.04 | 0.71 + 0.03 | | 0.08 + 0.01 |
| 28 | 甲酸辛酯 | C ₉ H ₁₈ O ₂ | 0.24 + 0.01 | | | |
| 29 | 1,4-二甲基-5-(1-甲基乙基)-环戊烯 | C ₁₀ H ₁₈ | | 1.14 + 0.05 | | |
| 30 | 反-氧化芳樟醇 | C ₁₀ H ₁₈ O ₂ | 5.42 + 0.34 | 9.99 + 2.85 | 3.52 + 0.50 | 5.93 + 0.51 |
| 31 | 3,7-二甲基-2-氨基-1,6-辛二烯-3-醇 | C ₁₇ H ₂₃ NO ₂ | 0.85 + 0.11 | | | |
| 32 | 膦酸(α-羟苯基)-乙基酯 | C ₁₅ H ₂₅ O ₄ P | 0.15 + 0.01 | | | |
| 33 | 苯乙醇 | C ₈ H ₁₀ O | 0.19 + 0.01 | 0.68 + 0.09 | 0.11 + 0.00 | 0.31 + 0.03 |
| 34 | α-亚麻醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | 3.58 + 0.76 | | | |
| 35 | 2,6,6-三甲基-1,3-二烯-9-炔-5-烯 | C ₁₄ H ₂₀ O | 0.14 + 0.02 | | | |
| 36 | 三氟乙酸反式-2-癸烯-1-醇 | C ₁₄ H ₂₃ F ₃ O ₂ | 0.13 + 0.01 | | | |
| 37 | 顺-4-甲基环己酮 | C ₇ H ₁₄ O | 0.06 + 0.02 | 0.13 + 0.01 | | |
| 38 | 萘 | C ₁₀ H ₈ | 0.32 + 0.03 | | 0.34 + 0.01 | 0.12 + 0.02 |
| 39 | (S)-α,α,4-三甲基-3-环己烯-1-醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | 0.19 + 0.02 | 0.35 + 0.02 | 0.18 + 0.01 | 0.09 + 0.01 |
| 40 | 癸醛 | C ₁₀ H ₂₀ O | 0.21 + 0.05 | | | |
| 41 | 5-甲基-2-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮 | C ₁₀ H ₁₆ O | 0.18 + 0.01 | | | 0.58 + 0.03 |
| 42 | (E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | 0.18 + 0.02 | 0.76 + 0.03 | 0.25 + 0.01 | 0.03 + 0.01 |
| 43 | 顺-14-甲基-8-碳醛 | C ₁₇ H ₃₂ O | 0.29 + 0.03 | | | |
| 44 | 紫罗兰酮 | C ₁₃ H ₂₀ O | 0.89 + 0.02 | 1.77 + 0.09 | 1.37 + 0.17 | 0.24 + 0.01 |
| 45 | 2,5-十八碳二烯酸甲酯 | C ₁₉ H ₃₀ O ₂ | 0.13 + 0.04 | | | |
| 46 | 2,6,10,10-四甲基-1-氧杂螺[4.5]癸-6-烯 | C ₁₃ H ₂₂ O | 6.80 + 0.35 | 6.24 + 0.84 | | 1.41 + 0.02 |
| 47 | 3-氨基-2-[2-(3,4-甲氧基)乙酰基]-2-环己烯-1-酮 | C ₁₈ H ₂₃ NO ₄ | 1.57 + 0.04 | | | |
| 48 | 2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-乙醇 | C ₁₁ H ₂₀ O | 0.39 + 0.01 | 0.51 + 0.03 | 0.56 + 0.08 | |
| 49 | 1,1-(2,6,6-三甲基-1-环己烯基)-2-丁烯-1-酮 | C ₁₃ H ₂₀ O | 0.18 + 0.04 | | 0.37 + 0.05 | 0.15 + 0.01 |
| 50 | (Z,E)-2,9-二甲基-2,9-二羟基-5-(1-羟基-1-甲基乙基)-5,7-辛二烯-3-炔 | C ₁₅ H ₂₄ O ₃ | 0.15 + 0.02 | | | |

续表 1

| 序号 | 名称 | 化学式 | 质量分数(%) | | | |
|-----|---|--|-----------|------------|------------|-----------|
| | | | 对照 | 复合肥 | 饼肥 | 磷肥 |
| 51 | 4-(2,6,6-三甲基-1-环己烯基)-2-丁酮 | C ₁₃ H ₂₂ O | 2.03+0.06 | 10.08+0.95 | 21.91+2.05 | 0.52+0.04 |
| 52 | 4-(2,6,6-三甲基-环己烯基)-2-丁醇 | C ₁₃ H ₂₄ O | 0.46+0.04 | | 3.25+0.12 | |
| 53 | 5-甲基-2-(1-甲基乙基-[1S-(1 α ,2 α ,5 α)]-环己醇 | C ₁₀ H ₂₀ O | 1.90+0.30 | | | 0.02+0.01 |
| 54 | δ -十二内酯 | C ₁₂ H ₂₂ O ₂ | 1.90+0.21 | | | |
| 55 | 5-己基二氢-2(3H)-呋喃酮 | C ₁₀ H ₁₈ O ₂ | 0.17+0.02 | 1.04+0.05 | | 0.54+0.06 |
| 56 | 4-(3-环己酮)丁酸甲酯 | C ₁₁ H ₁₈ O ₃ | 3.14+0.03 | | | |
| 57 | 4-(2,6,6-三甲基-1-环己烯基)-3-丁烯-2-酮(β -紫罗酮) | C ₁₃ H ₂₀ O | 0.10+0.02 | 3.04+0.27 | 3.97+0.09 | 1.34+0.06 |
| 58 | (R)-5,6,7,7-a-四氢-4,4,7-a-三甲基-2(4H)-苯并呋喃酮 | C ₁₁ H ₁₆ O ₂ | 0.47+0.04 | 0.10+0.01 | | |
| 59 | α -异甲基紫罗兰酮 | C ₁₄ H ₂₂ O | 0.18+0.03 | | | |
| 60 | 壬醛 | C ₉ H ₁₈ O | 6.05+0.16 | 5.31+0.12 | 5.85+0.07 | 0.48+0.04 |
| 61 | 2-甲基-1-十六醇 | C ₁₇ H ₃₆ O | 1.29+0.08 | | | 0.03+0.01 |
| 62 | 二十烷 | C ₂₀ H ₄₂ | 0.75+0.06 | 2.27+0.21 | | 0.30+0.04 |
| 63 | 7-己基-二十烷 | C ₂₆ H ₅₄ | 0.33+0.07 | | | |
| 64 | 1,2-苯二甲酸-二(2-甲基丙基)酯 | C ₁₆ H ₂₂ O ₄ | 0.50+0.10 | 0.18+0.05 | | 0.08+0.02 |
| 65 | (Z,Z)-2-(9,12-十八碳)-乙醇 | C ₂₀ H ₃₈ O ₂ | 0.80+0.10 | | | 0.03+0.01 |
| 66 | 4-乙酰基-1-甲基环己烯 | C ₉ H ₁₄ O | | | 0.12+0.02 | |
| 67 | 二四烷 | C ₂₄ H ₅₀ | 0.14+0.03 | | 0.59+0.03 | 0.13+0.02 |
| 68 | 1,1-(1,3-丁二烯-1,4-二基)二苯 | C ₁₆ H ₁₀ | 0.17+0.01 | | | 0.03+0.01 |
| 69 | 1-戊烯-3-醇 | C ₅ H ₁₀ O | | 0.15+0.01 | 0.10+0.01 | |
| 70 | 1,7-辛二醇 | C ₈ H ₁₈ O ₂ | | | 0.26+0.01 | |
| 71 | 丙酸乙酯 | C ₅ H ₁₀ O ₂ | | 0.12+0.02 | 0.21+0.02 | |
| 72 | 6,6-二甲基-1,3-庚二烯-5-醇 | C ₉ H ₁₆ O | | 0.26+0.02 | | |
| 73 | 硫酸己辛酯 | C ₁₄ H ₃₀ O ₃ S | | 0.73+0.08 | 0.90+0.03 | |
| 74 | 2,4,4-三甲基-2-环己烯-1-醇 | C ₉ H ₁₆ O | 0.14+0.04 | 0.14+0.02 | 0.11+0.01 | 0.04+0.01 |
| 75 | 7-乙基-1,3,5-环庚三烯 | C ₉ H ₁₂ | | 0.31+0.03 | | |
| 76 | 二甲基三硫 | C ₂ H ₆ S ₃ | 0.10+0.01 | 0.09+0.02 | | |
| 77 | 4-甲基-1-(1-甲基乙基)环己烯 | C ₁₀ H ₁₈ | | 0.16+0.01 | | |
| 78 | 甲苯 | C ₇ H ₈ | | 0.45+0.04 | 0.63+0.05 | |
| 79 | 反-5-乙烯基四氢- α , α ,5-三甲基-2-呋喃甲醇 | C ₁₀ H ₁₈ O ₂ | | 3.23+0.21 | | |
| 80 | 4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯基)-3-丁烯-2-醇 | C ₁₃ H ₂₂ O | 7.02+0.74 | 0.65+0.05 | 0.23+0.01 | 3.16+0.18 |
| 81 | 2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-二酮 | C ₉ H ₁₂ O ₂ | | 0.13+0.02 | | |
| 82 | 3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇(芳樟醇) | C ₁₀ H ₁₈ O | 0.85+0.01 | 1.73+0.81 | 0.8+0.11 | 0.57+0.12 |
| 83 | 4-苯基-3-烯炔 | C ₁₀ H ₈ | | 0.27+0.04 | | |
| 84 | 环癸醇 | C ₁₀ H ₂₀ O | | 0.19+0.02 | | |
| 85 | D-柠檬烯 | C ₁₀ H ₁₆ | | | 0.15+0.03 | |
| 86 | 双环[4.4.0]癸-5-烯-1-乙酸 | C ₁₂ H ₁₈ O ₂ | | 0.20+0.03 | | |
| 87 | 2-异丁烯-4-乙烯基四氢呋喃 | C ₁₀ H ₁₆ O | | 0.11+0.02 | | |
| 88 | 顺-9-十六烯醛 | C ₁₆ H ₃₀ O | 3.30+0.14 | 0.18+0.03 | | |
| 89 | 2,4-癸二烯醛 | C ₁₀ H ₁₆ O | | 0.20+0.04 | | |
| 90 | 4-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮 | C ₉ H ₁₄ O | | | 0.13+0.01 | |
| 91 | 5-乙烯基-3-吡啶酸甲酯 | C ₉ H ₉ NO ₂ | | 0.12+0.02 | | |
| 92 | 2-甲氧基-6-(2-丙烯基)苯酚 | C ₁₀ H ₁₂ O ₂ | | 0.37+0.03 | | |
| 93 | 二苯并[b,e]7,8-二氮杂二环[2.2.2]八-2,5-二烯 | C ₁₄ H ₁₂ N ₂ | 0.13+0.01 | 0.14+0.03 | 0.21+0.04 | 0.07+0.02 |
| 94 | 3,3,5,6,8,8-六甲基-共三环[5.1.0.0(2,4)]辛-5-烯 | C ₁₄ H ₂₂ | | 0.15+0.01 | | |
| 95 | 8-亚甲基-8-二环[5.1.0]辛烷 | C ₉ H ₁₄ | | | 0.30+0.06 | |
| 96 | 三氟苯甲酸-2,6-二甲基-1-乙炔-3-丁炔-5基酯 | C ₁₇ H ₂₂ O ₂ S | | 0.18+0.01 | | |
| 97 | 4,6,10,10-四甲基-5-氧杂三环[4.4.0.0(1,4)]-癸-2-烯-7-醇 | C ₁₃ H ₂₀ O ₂ | | 0.16+0.01 | | |
| 98 | 正十五烷 | C ₁₅ H ₃₂ | | 0.27+0.02 | 0.26+0.04 | |
| 99 | 壬酸 | C ₉ H ₁₈ O ₂ | | | | 0.19+0.02 |
| 100 | 5-甲基醛 | C ₇ H ₁₄ O | | | 0.26+0.06 | |
| 101 | 3-甲基-6-(1-甲基亚乙基)-2-环己烯-1-酮 | C ₁₀ H ₁₄ O | | 0.99+0.09 | | |
| 102 | 2,3-二甲基-环己醇 | C ₈ H ₁₆ O | | | 0.91+0.17 | |
| 103 | 苯甲酸4-乙酰氧基-2-2,2,6,6-四甲基-哌啶基酯 | C ₁₈ H ₂₅ NO ₄ | | 0.26+0.04 | | |

续表 1

| 序号 | 名称 | 化学式 | 质量分数 (%) | | | |
|-----|-----------------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 对照 | 复合肥 | 饼肥 | 磷肥 |
| 104 | 3-糠醛 | C ₅ H ₄ O ₂ | 0.16 + 0.02 | | | 0.06 + 0.01 |
| 105 | 十六烷基环氧乙烷 | C ₁₈ H ₃₆ O | | 0.96 + 0.06 | 0.76 + 0.09 | |
| 106 | 1,16-十六烷二醇 | C ₁₆ H ₃₄ O ₂ | | 0.62 + 0.02 | | |
| 107 | 6,10,14-三甲基-2-十五烷酮 | C ₁₈ H ₃₆ O | | 0.75 + 0.03 | 0.79 + 0.10 | 0.20 + 0.03 |
| 108 | 环氧十七醇 | C ₁₇ H ₃₄ O | | 0.70 + 0.06 | | |
| 109 | 双环(3.3.1)壬烷-2,6-二酮 | C ₉ H ₁₂ O ₂ | | | 0.27 + 0.02 | |
| 110 | 正二十烷 | C ₂₁ H ₄₄ | | 0.16 + 0.03 | | |
| 111 | 2-二甲基-丙醇 | C ₅ H ₁₂ O | | | 0.38 + 0.08 | |
| 112 | 6-四氢苯基-2-2,6-三甲基-二氢-吡喃-3-醇 | C ₁₀ H ₁₈ O ₂ | 4.03 + 0.24 | 1.09 + 0.12 | 5.69 + 0.22 | 2.04 + 0.14 |
| 113 | 2-甲氧基-4-(2-丙烯基)-乙酸苯酚 | C ₁₂ H ₁₄ O ₃ | | | | 0.12 + 0.01 |
| 114 | 4,6(Z)-8(E)-巨豆三烯 | C ₁₃ H ₂₀ | | | | 0.34 + 0.01 |
| 115 | (E)-4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯基)-3-丁烯-2-酮 | C ₁₃ H ₂₀ O | | | | 0.38 + 0.03 |
| 116 | 2,2-二甲基-3-(2-甲基-1-丙烯基)-环丙甲醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | | | | 4.15 + 0.25 |
| 117 | (E)-6,10-二甲基-5,9-十一烷二烯-1-酮 | C ₁₃ H ₂₂ O | | | | 0.17 + 0.02 |
| 118 | 2,6,10-三甲基-十四烷 | C ₁₇ H ₃₆ | | | | 0.16 + 0.01 |
| 119 | 7,11-环氧巨豆-5(6)-烯-9-酮 | C ₁₃ H ₂₀ O ₂ | | | | 0.52 + 0.03 |
| 120 | 十四烷基环氧乙烷 | C ₁₆ H ₃₂ O | | | | 0.51 + 0.03 |
| 121 | 橙花叔醇酯 | C ₁₇ H ₂₈ O ₂ | | | | 0.28 + 0.01 |
| 122 | 十七烷基环氧乙烷 | C ₁₉ H ₃₈ O | | | | 0.39 + 0.03 |
| 123 | n-十六烷酸 | C ₁₆ H ₃₂ O ₂ | | | | 1.02 + 0.09 |
| 124 | 二氯乙酸三癸-2-炔基酯 | C ₁₅ H ₂₄ Cl ₂ O ₂ | | | | 0.14 + 0.02 |
| 125 | E,E,Z-1,3,12-十九碳三烯-5,14-二醇 | C ₁₉ H ₃₄ O ₂ | | | | 0.14 + 0.02 |
| 126 | 2-氨基-2-[3-甲基-2-四氢呋喃]乙酸 | C ₇ H ₁₃ NO ₃ | 0.13 | | | |
| 127 | 3-甲基-2-丁酮酸 | C ₇ H ₁₄ O ₂ | 0.17 | | | |
| 128 | 1,2,3-三甲氧基-5-(2-丙烯基)-苯 | C ₁₂ H ₁₆ O ₃ | 0.53 | | | |
| 129 | 8-己基-十五烷 | C ₂₁ H ₄₄ | 1.20 | | | |
| 130 | 1-甲基-1H-吡咯-2-乙胺 | C ₇ H ₁₂ N ₂ | | | 0.13 + 0.01 | |
| 131 | (+)-4-萜烯 | C ₁₀ H ₁₆ | | | 0.21 + 0.02 | |

3-二醇,达23.5%;其次是4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯基)-3-丁烯-2-醇,其相对含量为7.02%;再次是2,6,10,10-四甲基-1-氧杂螺-[4.5]癸-6-烯和壬醛,其相对含量分别为6.80%、6.05%。施用复合肥处理的金桂共鉴定出了57种化合物。其主要成分是4-[2,6,6-三甲基-1-环己烯基]-2-丁酮,相对含量达10.08%;以及反-氧化芳樟醇,相对含量为9.99%;其次是2,6,10,10-四甲基-1-氧杂螺-[4.5]癸-6-烯,其相对含量为6.24%。施用饼肥处理的桂花共鉴定出了41种化合物,其主要成分为4-[2,6,6-三甲基-1-环己烯基]-2-丁酮,其相对含量为21.91%;其次是壬醛和6-四氢苯基-2-2,6-三甲基-二氢-吡喃-3-醇,其相对含量分别为5.85%、5.69%。施用磷肥处理的桂花共鉴定出了54种化合物,其主要成分为反-氧化芳樟醇、p-二氧己环-2,3-二醇,其相对含量分别为5.93%、5.61%;其次是2,2-二甲基-3-(2-甲基-1-丙烯基)-环丙甲醇,其相对含量为4.15%;再次是4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯基)-3-丁烯-2-醇,其相对含量为3.16%。

由此可见,3种施肥处理都显著降低了桂花精油中p-二氧己环-2,3-二醇、4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯基)-3-丁烯-2-醇的含量。施用复合肥和磷肥处理显著提高了桂花精油中反-氧化芳樟醇的含量;磷肥处理显著提高了桂

花精油中其他3个处理都未出现的物质2,2-二甲基-3-(2-甲基-1-丙烯基)-环丙甲醇(4.15%)的含量;饼肥、磷肥处理显著降低了2,6,10,10-四甲基-1-氧杂螺-[4.5]癸-6-烯的含量。此外,在施用复合肥和饼肥处理条件下,桂花精油中4-(2,6,6-三甲基-1-环己烯基)-2-丁酮的含量分别为10.08%、21.29%,而不施肥处理中该物质相对含量仅为2.03%。

2.3 不同施肥种类对桂花香气成分的影响

通过桂花挥发性成分分析可以看出,在相同的试验条件下,施用复合肥、饼肥、磷肥、不施肥4种处理桂花的香气成分发生了变化(表2)。

从表2可以看出,不施肥处理的桂花鉴定出来的72种成分,分别是醇类、烃类(烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃等)、酮类、酯类、酸类、醛类和其他物质。其中,醇类物质20种,相对含量在所有物质中最高,达52.42%;烃类物质16种,相对含量占11.77%;酮类物质13种,相对含量占6.23%,其中紫罗兰酮类物质相对含量为1.17%;酯类物质有8种,相对含量占6.39%;酸类物质3种,相对含量占0.69%;醛类物质9种,相对含量占11.22%;其他物质有3种,相对含量占0.55%。烃类物质中,烯烃有4种,相对含量为7.18%;烷烃有5种,相对含量为2.51%;芳香烃有6种,相对含量为1.94%;炔烃有1种,相对含量为0.15%。

表2 不同施肥种类对桂花各类香气成分的影响

| 香气种类 | 香气成分(%) | | | |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 复合肥 | 饼肥 | 磷肥 | 不施肥 |
| 醇类 | 23.30 + 3.75b | 16.37 + 1.31c | 22.49 + 1.32b | 52.42 + 4.99a |
| 烃类 | 12.85 + 1.38a | 4.87 + 0.42b | 3.82 + 0.22c | 11.77 + 0.86a |
| 酮类 | 18.05 + 1.49b | 29.06 + 2.52a | 4.73 + 0.31d | 6.23 + 0.35c |
| 酯类 | 1.79 + 0.23b | 1.12 + 0.04c | 0.50 + 0.05d | 6.39 + 0.41a |
| 酸类 | 0.20 + 0.03c | 0.00 + 0.00d | 1.21 + 0.11a | 0.69 + 0.05b |
| 醛类 | 6.57 + 0.25b | 6.37 + 0.22b | 0.71 + 0.06c | 11.22 + 0.50a |
| 其他 | 0.57 + 0.06a | 0.47 + 0.02b | 0.39 + 0.03c | 0.55 + 0.05a |

注:同行数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

施用复合肥处理的桂花鉴定出来的57种成分,醇类物质19种,相对含量为23.30%;烃类物质14种,相对含量为12.85%;酮类物质9种,相对含量为18.05%,其中紫罗兰酮类物质相对含量为4.82%;酯类物质7种,相对含量为1.79%;酸类物质1种,相对含量为0.20%;醛类物质4种,相对含量为6.57%;其他物质有3种,相对含量占0.57%。烃类物质中,烯烃有7种,相对含量为8.30%;烷烃有4种,相对含量为3.66%;芳香烃有2种,相对含量为0.63%;炔烃有1种,相对含量为0.27%。

施用饼肥处理的桂花鉴定出来的41种成分,醇类物质14种,相对含量为16.37%;烃类物质12种,相对含量为4.87%;酮类物质8种,相对含量为29.06%,其中紫罗兰酮类物质相对含量为5.34%;酯类物质有2种,相对含量为1.12%;醛类物质3种,相对含量为6.37%;其他物质有2种,相对含量为0.47%。烃类物质中,烯烃有5种,相对含量为1.51%;烷烃有5种,相对含量为2.02%;芳香烃有2种,相对含量为1.34%。

施用磷肥处理的桂花鉴定出来54种成分,其中醇类物质16种,含量为22.49%;烃类物质13种,含量为3.82%;酮类物质12种,含量为4.73%,其中紫罗兰酮类物质相对含量为1.59%;酯类物质3种,含量为0.5%;酸类物质2种,含量为1.21%;醛类物质5种,相对含量为0.71%;其他物质有3种,含量为0.39%。烃类物质中,烯烃有4种,相对含量为2.02%;烷烃有6种,相对含量为1.52%;芳香烃有3种,相对含量为0.29%。

3 讨论与结论

桂花作为我国十大传统名花和特有香花经济树种,除了在园林造景中应用广泛外,在深加工产业中也备受关注。桂花中含有大量的维生素和人体必需氨基酸、多种微量元素和黄酮类物质,有百花营养之王的美誉,常用于制作桂花糕点、蜜饯、桂花香茶及其他各种食品。此外,桂花浸膏和精油是我国的特产,目前,天然的桂花香精产品在国际上十分畅销,桂花浸膏价格在4元/g,而桂花精油更是价格不菲,价格高达10元/g。桂花精油对疲劳、头痛等都有一定减缓功效,是极佳的情绪振奋剂,因此,在市场上享有液体黄金称号,产品出口供不应求^[9-10]。然而,制约桂花深加工产业发展的一个重要问题即桂花精油提取率低,一般在0.1%左右。

前人对桂花精油提取进行了大量研究,比较不同提取方法对桂花精油成分及提取效率的影响^[4,11],探索不同桂花品

种间的精油成分差异^[12-13],分析桂花不同开花时期释放的芳香物质成分和含量上的差异^[14-15],希望通过优化提取方法和工艺、筛选优良桂花品种来提高桂花精油品质和得率。通过施肥等农业栽培措施来改善桂花精油品质和得率的研究还未见报道。

本研究使用同时蒸馏萃取-气质联用法,提取和分析不同施肥处理的桂花精油成分,该方法有利于减少试验步骤,缩短分析时间,对多数芳香化合物精油提取有较高的得率^[11]。本研究结果,施肥处理显著降低了桂花精油中的物质种类,施用复合肥、磷肥、饼肥的桂花精油分别检测出57、41、54种成分,而不施肥处理检测出72种成分,这可能与肥料中营养元素的种类和含量影响前体物向芳香成分的转化有关^[16]。施肥处理对桂花精油各成分的相对含量影响明显。3种施肥处理显著降低了醇类、酯类、醛类物质的相对含量,而施用复合肥、饼肥处理显著提高了桂花香味有重要贡献的酮类物质的相对含量,施用复合肥、饼肥处理的桂花精油中酮类物质相对含量分别为18.05%、29.06%;而未施肥的桂花精油中酮类物质相对含量仅为6.23%。前人研究表明,桂花中芳樟醇及其氧化物和紫罗兰酮类物质是其挥发性油中的重要香气成分^[17-18]。本研究结果,施用复合肥使桂花精油中重要的挥发性成分芳樟醇及其氧化物相对含量为11.72%,为不施肥处理中该成分相对含量的1.8倍;施用复合肥、饼肥、磷肥处理使桂花精油中紫罗兰酮类物质相对含量分别为4.82%、5.34%、1.59%,而不施肥处理中该成分相对含量为1.17%,表明施肥处理后的桂花香气更加甜润馥郁。

本研究结果,施用饼肥、磷肥、复合肥处理的桂花精油中烃类物质分别为4.87%、3.82%、12.85%,施用复合肥处理相对含量较高;磷肥处理的桂花精油中酸类物质的相对含量最高,为1.21%;复合肥处理显著提高了桂花精油中反式氧化芳樟醇的含量,为9.99%。表明施肥对桂花精油的成分和含量都有很大的影响,并且不同种类的肥料影响的效果也不同。相关研究报道,不同施肥处理能造成萝卜风味种类及数量的变化^[16];改变施肥措施能改善烟叶香气,有机肥处理明显增加了烟叶中2-呋喃甲醛、苯乙醛等10种物质的含量^[19]。综上所述,本研究首次提出,通过施肥措施可改变桂花的精油成分,为进一步通过改进农业栽培措施提高桂花精油产量提供了科学依据。

参考文献:

[1]蔡璇,苏繁,金荷仙,等.四季桂花瓣色素的初步鉴定与提取

- 方法[J]. 浙江农林大学学报,2010,27(4):559-564.
- [2]王振启,陈洪国. 咸宁桂花品种分类调查研究[J]. 北方园艺, 2012(17):101-105.
- [3]Cai X, Mai R Z, Zou J J, et al. Analysis of aroma-active compounds in three sweet osmanthus (*Osmanthus fragrans*) cultivars by GC-olfactometry and GC-MS[J]. Journal of Zhejiang University - Science B, 2014, 15(7):638-648.
- [4]李发芳,胡西亮. 不同提取方法对桂花精油品质的影响[J]. 氨基酸和生物资源, 2012, 34(2):59-62.
- [5]孙宝军. 中国部分桂花品种芳香成分研究[D]. 郑州:河南大学, 2011.
- [6]李吉进,张青,邹国元,等. 施肥对番茄风味成分影响的GC-MS分析[J]. 中国农学通报, 2009, 25(24):244-248.
- [7]刘心泽,王庆. 施肥对烟叶香气品质的影响[J]. 南方农业, 2008, 2(6):20-22.
- [8]赵和涛,游小清,黄建琴,等. 茶园施肥对祁门红茶香气品质的影响[J]. 茶叶科学, 1996(2):105-110.
- [9]陈洪国,汪华. 我国桂花资源的研究和利用及咸宁桂花发展现状[J]. 咸宁学院学报, 2004, 24(3):116-118.
- [10]原玲芳. 桂花精油缓释型香水及抗龋齿含片的研制[D]. 武汉:华中科技大学, 2013.
- [11]张坚. 桂花精油的提取与成分分析的研究[D]. 杭州:浙江工业大学, 2006.
- [12]陈虹霞,王成章,孙燕. 不同品种桂花挥发油成分的GC-MS分析[J]. 生物质化学工程, 2012, 46(4):37-41.
- [13]胡春弟,梁逸曾,曾茂茂,等. 不同品种桂花挥发油成分的分析研究[J]. 化学试剂, 2010, 32(3):231-234.
- [14]Wang L M, Li M T, Jin W W, et al. Variations in the components of *Osmanthus fragrans* Lour. essential oil at different stages of flowering[J]. Food Chemistry, 2009, 114(1):233-236.
- [15]李祖光,曹慧,朱国华,等. 三种桂花在不同开花期头香成分的研究[J]. 林产化学与工业, 2008, 28(3):75-80.
- [16]王萍,魏珉,刘贤娟,等. 不同施肥处理对萝卜风味物质影响的GC-MS分析[J]. 山东农业科学, 2014, 46(9):74-77.
- [17]Deng C H, Song G X, Hu Y. Application of HS-SPME and GC-MS to characterization of volatile compounds emitted from *Osmanthus flowers*[J]. Annali di Chimica, 2004, 94(12):921-927.
- [18]曹慧,李祖光,沈德隆. 桂花品种香气成分的GC/MS指纹图谱研究[J]. 园艺学报, 2009, 36(3):391-398.
- [19]王瑞新,马常力,韩锦峰,等. 烤烟香气物质及不同施肥类型对其主要成分的影响[J]. 河南农业大学学报, 1990, 24(2):159-164.

(上接第139页)

Mcatee等把苹果、梨等果实的果肉,一边加热煮沸,一边通过磁力搅拌器搅拌0.5 h,直至看到果肉单细胞才停止加热,但是获得的单细胞已经失去活性,只能用于检测果肉细胞的大小和形状^[14]。而本研究分离得到的果肉细胞经VBL染色,能看到完整的细胞壁,经过FDA染色,单细胞具有明显的活性。酶解处理的原则是利用尽可能低的酶浓度和尽可能短的酶解时间获得大量且有活力的原生质体^[15]。本研究只用了0.1%离析酶,而且酶解时间只有0.5 h,低于酶解获取原生质体的时间^[16-17]。

总之,采用0.1%离析酶酶解苹果果肉,再搅拌30 min,能得到细胞壁完整且具有活性的果肉单细胞。

参考文献:

- [1]Beijnum J R V, Mat R, Karolien C, et al. Isolation of endothelial cells from fresh tissues[J]. Nature Protocol, 2008, 3(6):1085-1091.
- [2]Candace H H, Lissete B, Michael R. Cotton fiber; a powerful single-cell model for cell wall and cellulose research[J]. Frontiers in Plant Science, 2012, 3(4):279-286.
- [3]Narsinh K H, Ning S, Veronica S F, et al. Single cell transcriptional profiling reveals heterogeneity of human induced pluripotent stem cells[J]. Journal of Clinical Investigation, 2011, 121(3):1217-1221.
- [4]Bloch D, Yalovsky S. Cell polarity signaling[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2013, 16(6):734-742.
- [5]Li L G, Liu K, Hu Y. Single mutations convert an outward K⁺ channel into an inward K⁺ channel[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008, 105(8):2871-2876.
- [6]张宁,李威,顾钊宇,等. ‘富士’苹果花粉原生质体分离初探[J]. 园艺学报, 2015, 42(6):1167-1174.
- [7]黄祥辉,颜季琼. 应用荧光增白剂VBL研究原生质体细胞壁的再生[J]. 植物生理学报, 1980, 6(2):207-211.
- [8]张先杰,李铎,孙海晨,等. 台盼蓝染色与FDA/PI双染色对检测肝细胞活率的评价[J]. 首都医科大学学报, 2000, 21(3):258-258.
- [9]张宁,司怀军,王蒂. 马铃薯单细胞分离技术的研究[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(4):193-197.
- [10]陈颖,贾艳菊,张翠茹. 拟南芥叶肉细胞原生质体分离及影响因素[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2008, 28(4):423-426.
- [11]陈爱萍,罗玉鹏,姜婷娜,等. 不同酶液组合及酶解时间对普通红豆草原生质体游离的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2008, 31(2):29-32.
- [12]Caffall K, Mohnen D. The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides[J]. Carbohydrate Research, 2009, 344(14):1879-1900.
- [13]Cosgrove D. Growth of the plant cell wall[J]. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 2005, 6(11):850-861.
- [14]Mcatee P A, Hallett I C, Johnston J W, et al. A rapid method of fruit cell isolation for cell size and shape measurements. [J]. Plant Methods, 2009, 5(1):157.
- [15]Burton R A, Fincher G B. Plant cell wall engineering: applications in biofuel production and improved human health [J]. Current Opinion in Biotechnology, 2014, 26(7):79-84.
- [16]Mazarei M, Alahmad H, Rudis M. Protoplast isolation and transient gene expression in switchgrass, *Panicum virgatum* L. [J]. Biotechnology Journal, 2008, 3(3):354-359.
- [17]Zhai Z, Jung H I, Vatamaniuk O K. Isolation of protoplasts from tissues of 14-day-old seedlings of *Arabidopsis thaliana* [J]. Journal of Visualized Experiments, 2009, 30(30):1149-1159.